

© EPODOC / EPO

PN - JP61163609 A 19860724
 PD - 1986-07-24
 PR - JP19850004681 19850114
 OPD- 1985-01-14
 TI - UNIFORM MAGNETIC FIELD GENERATING DEVICE
 IN - NISHIKAWA TAKAHISA
 PA - SHIMADZU CORP
 EC - H01F7/20
 IC - A61B10/00 ; G01N24/06 ; G01R33/22

© WPI / DERWENT

TI - Uniform magnetic field generator for NMR CT device - comprises pair of outer coils and pair of inner coils
 NoAbstract Dwg 1/1
 PR - JP19850004681 19850114
 PN - JP61163609 A 19860724 DW198636 010pp
 PA - (SHMA) SHIMADZU SEISAKUSHO KK
 IC - A61B10/00 ;G01N24/06 ;G01R33/22 ;H01F7/20
 OPD- 1985-01-14
 AN - 1986-234997 [36]

© PAJ / JPO

PN - JP61163609 A 19860724
 PD - 1986-07-24
 AP - JP19850004681 19850114
 IN - NISHIKAWA TAKAHISA
 PA - SHIMADZU CORP
 TI - UNIFORM MAGNETIC FIELD GENERATING DEVICE
 AB - PURPOSE: To make the high accuracy unnecessary for the arrangement of coils by determining the ratio of number of turns, size, and the arranged positions of the coils so as to equalize the strength of a magnetic field of the outer coils and the inner coils in the central position.
 - CONSTITUTION: Two outer coils 1 and 2, and two inner coils 3 and 4 are arranged on a Z-axis. The coils 1 and 2 are arranged on left and right of an X-axis with a distance d_1 from the X-axis in Z-axis direction and the coils 3 and 4 are arranged with a distance d_2 . Let the radii and number of turns of the coils 1 and 2 both a_1 and N_1 and those of the coils 3 and 4 both a_2 and N_2 . Assuming that a_1 is 1, a_2/a_1 ranges from 0.9 to 1.2. At the same time, the ratios of number of turns, a distance from the center position of the inner and outer coils are determined so as to restrict a difference in the strength of generated magnetic field between the pairs of inner and outer coils within + or -15%. d_1 is restricted within 0.87 to 1.02 and d_2 is within 0.2 to 0.24, N_2/N_1 is within 0.34 to 0.65. By this constitution, the high accuracy is not necessary for the arrangement of coils.
 I - H01F7/20 ;A61B10/00 ;G01N24/06 ;G01R33/22

⑨ 日本国特許庁(JP)

⑩ 特許出願公開

⑫ 公開特許公報(A)

昭61-163609

⑤ Int.Cl.⁴

H 01 F 7/20
A 61 B 10/00
G 01 N 24/06
G 01 R 33/22

識別記号

庁内整理番号

6969-5E
7033-4C
7621-2G
7621-2G

⑬ 公開 昭和61年(1986)7月24日

審査請求 未請求 発明の数 1 (全4頁)

⑭ 発明の名称 均一磁界発生装置

⑮ 特 願 昭60-4681

⑯ 出 願 昭60(1985)1月14日

⑰ 発 明 者 西 川 隆 久 京都市中京区西ノ京桑原町1番地 株式会社島津製作所三条工場内

⑱ 出 願 人 株式会社島津製作所 京都市中京区河原町通二条下ルノ船入町378番地

⑲ 代 理 人 弁理士 西 田 新

明 細 書

1. 発明の名称

均一磁界発生装置

2. 特許請求の範囲

(1) 2個の外コイルからなる外コイル対と2個の内コイルからなる内コイル対とを同軸状に対称に配置した均一磁界発生装置において、上記外コイルと上記内コイルの半径及び上記外コイルと上記内コイルの均一磁界発生装置の中心位置からの距離の比率を、上記外コイルの半径 a_1 を1.0 とすれば、上記内コイルの半径 a_2 を0.9 から1.2 の範囲にすると共に、上記中心位置において外コイル対が発生する磁界の強さと内コイル対が発生する磁界の強さの相違が $\pm 15\%$ 以内となるように外コイルの中心位置からの距離及び内コイルの中心位置からの距離及び外コイルと内コイルの巻数の比率を定めたことを特徴とする均一磁界発生装置。
(2) 外コイルの半径 a_1 を1.0 とすれば外コイルの中心位置からの距離 d_1 は0.87から1.02の範囲に、内コイルの中心位置からの距離は0.2 から0.24の

範囲に外コイルの巻数に対する内コイルの巻数の比率が0.34から0.65の範囲にあることを特徴とする特許請求の範囲第1項記載の均一磁界発生装置。

3. 発明の詳細な説明

(イ) 産業上の利用分野

本発明は均一磁界発生装置に関し、例えばNMR CT装置に用いられるものである。

(ロ) 従来技術

NMR CT装置等に用いられる静磁界発生装置は、2個の外コイルと2個の内コイルが同軸上に且つ球状に配置されたダブルヘルムホルツコイルと呼ばれる電磁石で構成され、2個の外コイルと2個の内コイルとで均一な静磁界を発生させる。

しかるに、この静磁界発生装置においては、NMR CT装置に用いる場合に、外コイルが小さいためにNMR CT装置の開口径が小さくなり、したがって、人間が入りにくいという欠点があった。また、内コイルが大きいために不要な空間が多く、さらに、磁界を主として内コイルのみで発生させるので、均一な磁界を得るためには内コイ

ルの配置に例えば数ミクロン程度の高い精度を要するという欠点があった。磁界の均一化については、このダブルヘルムホルツコイルは理論上は他のどの静磁界発生装置よりも優れているのであるが、数ミクロン程度というコイルの配置精度に対して製造時のエラーが避けられないこと、あるいは、周囲の磁性体の影響等を考慮すると、必ずしも実用的ではなかった。また、このダブルヘルムホルツコイルにおいては、多くの巻数を必要とし、結果として電力消費が大きいという欠点があった。

(ハ) 発明の目的

本発明は上記事情に鑑みてなされたものであり、その目的は、磁界の均一性を実用上支障のない程度として、コイルの配置に高い精度を要しないとともに、電力消費を少なくした均一磁界発生装置を提供することである。

(ニ) 発明の構成

本発明においては、2個の外コイルからなる外コイル対と2個の内コイルからなる内コイル対とを同軸状に対称に配置した均一磁界発生装置にお

いて、上記外コイルと上記内コイルの半径を概略同じ程度（内コイルの半径は外コイルの半径の0.9倍から1.2倍）に定めると共に装置の中心位置において外コイル対が発生する磁界の強さと内コイル対が発生する磁界の強さが該同程度（その相違が±15%以内）となるように外コイル、内コイルの中心位置からの距離、外コイル・内コイルの巻数の比率を決めたことを特徴とする。

(ホ) 実施例

以下、図面に従って本発明をさらに詳しく説明する。

第1図は均一磁界発生装置のコイルの概略的な配置構成を示す。2個の外コイル1、2からなる外コイル対と、2個の内コイル3、4からなる内コイル対とが、軸Z上に同軸状に配置される。外コイル1、2は、軸Zと直交する軸xからZ軸方向に左右に距離d₁の位置にそれぞれ配置され、内コイル3、4は、軸xからZ軸方向に左右に距離d₂の位置にそれぞれ配置され、距離d₁は距離d₂より大である。外コイル1、2の半径はと

もにa₁であり、内コイル3、4の半径はともにa₂である。また、外コイル1、2の巻数はともにN₁であり、内コイル3、4の巻数はともにN₂である。

この磁界発生装置で均一な磁界とは、Z軸での均一性が高い磁界である。それ故、Z軸上の磁界の強さH(z)をZの巾の級数として、

$$H(z) = f_0 + f_2 Z^2 + f_4 Z^4 + f_6 Z^6 + \dots \quad (1)$$

と表したとき（コイル配置は対称であるからZの奇数乗の項は現れない）、係数f₂、f₄、f₆…がほぼ零となるようにする必要がある。本発明においては、f₂及びf₄を概略零となるようにし、f₆が最も小さな値を持つようにすることにより、Zが充分小さい範囲で均一な磁界を実現する。

各々のコイルがZ軸上に発生する磁界の強さを総合すると、H(z)は次式のようになる。

$$H(z) = \frac{1}{2} a_1^2 N_1 \{ (a_1^2 + (d_1 - z)^2)^{-\frac{3}{2}} + (a_1^2 + (d_1 + z)^2)^{-\frac{3}{2}} \}$$

$$+ \frac{1}{2} a_2^2 N_2 \{ (a_2^2 + (d_2 - z)^2)^{-\frac{3}{2}} + (a_2^2 + (d_2 + z)^2)^{-\frac{3}{2}} \} \quad (2)$$

(2)式をテイラー展開して(1)式を得る。この場合、係数f_n（n=0, 2, 4, 6, …）は、次式で求められる。

$$f_n = \frac{1}{n!} \frac{d^n}{dz^n} H(0) \quad (3)$$

ただし $\frac{d^n}{dz^n} H(0)$ はHをZでn回微分した場合のZ=0における値である。

上述の均一な磁界を実現する条件は次のように書くことができる。

$$f_2 = \frac{1}{2} \frac{d^2}{dz^2} H(0) \approx 0 \quad (4)$$

$$f_4 = \frac{1}{4!} \frac{d^4}{dz^4} H(0) \approx 0 \quad (5)$$

$$f_6 = \frac{1}{6!} \frac{d^6}{dz^6} H(0) \approx 0$$

が最小となること ……(6)

(4), (5), (6)の条件を満たすように定数 a_1 , a_2 , d_1 , d_2 , N_1 , N_2 を定めることにより、均一な磁界を得る。

以上に述べた「均一な磁界」は本発明の装置の基礎的条件であるが、本発明ではさらに、装置の中心位置において外コイル対が発生する磁界と内コイル対が発生する磁界が概略同程度となること、並びに外コイルと内コイルの半径が概略同程度となることが条件として加わる。

装置の中心位置では、外コイル対が発生する磁界の強さは $a_1^2 N_1 (a_1^2 + d_1^2)^{-3/2}$ 、内コイル対が発生する磁界の強さは $a_2^2 N_2 (a_1^2 + d_1^2)^{-3/2}$ であるから、それらの差が $\pm 15\%$ 以内となることを条件とすると、次式のように書き表せる。

$$\frac{2 \{ a_1^2 N_1 (a_1^2 + d_1^2)^{-3/2} - a_2^2 N_2 (a_2^2 + d_2^2)^{-3/2} \}}{a_1^2 N_1 (a_1^2 + d_1^2)^{-3/2} + a_2^2 N_2 (a_2^2 + d_2^2)^{-3/2}} \leq 0.15 \quad \text{……(7)}$$

上記の方法で求めた第一の実施例としては、 $a_1 = 1.0 \text{ m}$ として、 $a_2 = 1.07 \text{ m}$, $d_1 = 0.8876 \text{ m}$, $d_2 = 0.2153 \text{ m}$, $N_1 : N_2 = 211 : 100$ であった。また、第2の実施例として $a_1 = 1.0 \text{ m}$, $a_2 = 1.2 \text{ m}$, $d_1 = 0.89 \text{ m}$, $d_2 = 0.203 \text{ m}$, $N_1 : N_2 = 165 : 100$ も解として求まった。 a_1 を1として a_2 / a_1 の値を0.9 から1.2の範囲（この範囲が実用的であり、解が求まる）で種々に変化させた場合、 d_1 は0.87から1.02の範囲に、 d_2 は0.2 から0.24の範囲に N_2 / N_1 は0.34から0.65の範囲に存在することが判明した。

ちなみに、従来の磁界発生装置の一例を上げると、外コイルの半径は1.0 m、内コイルの半径は1.4884 m、外コイルの中心位置Aからの距離は1.1816 m、内コイルの中心位置Aからの距離は0.4405 m、外コイルの巻数は88、内コイルの巻数は129 である。

また消費電力と磁束密度の関係について述べると、上記の本発明の第1の実施例においては従来例とくらべ、同一の消費電力のもとでは磁束密度

次に外コイルと内コイルの半径が該同程度であることを、

$$0.9 \leq \frac{a_2}{a_1} \leq 1.2 \quad \text{……(8)}$$

と書き表わす。

本発明においては、(4), (5)式のように f_2 , f_4 が該略零となること、(7), (8)式が満たされること、 f_6 が最小となることを条件としてコンピュータシミュレーションにより a_1 , a_2 等の定数を求めた。

具体的には、 a_1 を1.0 として a_2 の値を1.0の近傍（特に0.9 から1.2の範囲）で選定し、次に均一な磁界を得るよう(4), (5), (6)の条件を満たす d_1 , d_2 , 及び N_1 と N_2 の比を計算により定める。このようにして求めた定数 a_1 , a_2 , d_1 , d_2 , N_1 , N_2 が(7)式を満たすかどうかを調べる。次に a_2 を他の値に定め、同様の計算を行なう。実際上解は無数に存在するが、その内から特に優れた解を選定することもできる。

が、1.76倍に増加した。

(へ) 発明の効果

以上説明したように、本発明においては、中心位置に与える磁界の強さが外コイルと内コイルとで等しくなるように所定の関係を有して外コイルと内コイルの配置位置、外コイルと内コイルの大きさ並びに外コイルと内コイルの巻数を定めるようにしたので、コイルの配置に高い精度を要しなくなる。また、外コイルを大きくできるので、NMRC T装置の開口径を大きくして人間が入りやすくすることができ、さらに、内コイルを小さくすることができるので、不要な空間を無くすることができるのと同時に、同一の開口径であればNMRC T装置の入口から出口までを短くすることができ、しかも、磁界の強さを保持することができる。

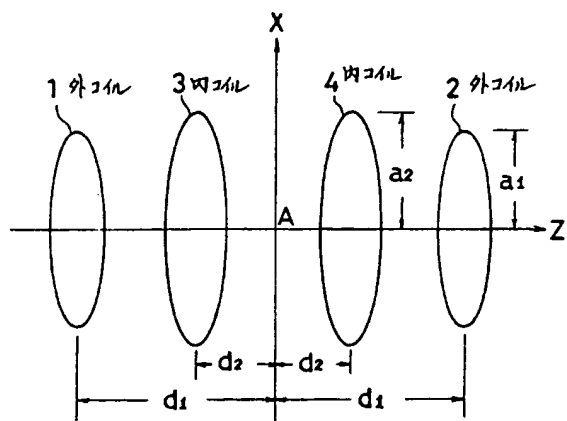
4. 図面の簡単な説明

第1図は本発明実施例のコイルの配置構成を示す図である。

1, 2……外コイル 3, 4……内コイル

a_1, a_2 ……半径 d_1, d_2 ……距離
 N_1, N_2 ……巻数 A ……中心位置

第 1 図



特許出願人 株式会社島津製作所

代理人 弁理士 西田 新